Aus der Medizinischen Universitätsklinik Basel (Vorsteher: Prof. Dr. H. Staub)

Über den Einfluß vegetativer Pharmaka auf den Ablauf der T-Zacken-Veränderungen im Arbeits-Elektrokardiogramm

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Albert Walser

von Basel und Schönenwerd (Kt. Solothurn)

Basel 1946

VERLAG VON S. KARGER IN BASEL

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. H. Staub.

Tag der Promotion: 22. Juni 1945.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus « Cardiologia », Vol. X, Fasc. 5 (1946).

Während ein Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die Höhe der T-Zacke im Elektrokardiogramm (Ekg.) mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden muß, ist die Frage immer noch nicht endgültig entschieden, ob Vagus- oder Sympathicusüberwiegen zu einer Vergrößerung der T-Zacke führt.

Da es bei Versuchen mit vegetativen Pharmaka fast unmöglich ist, jene Dosis zu finden, die eben einen deutlichen Einfluß ausübt, ohne Gegenregulationen auszulösen, wurde versucht, die im Anschluß an eine körperliche Arbeit auftretenden Veränderungen der T-Zacke durch vegetative Pharmaka zu beeinflussen, um auf diese Weise der Lösung der Frage näherzukommen. Wenn dieselben Versuchspersonen die gleiche Arbeitsleistung unter denselben Bedingungen vollbringen, das eine Mal ohne, das andere Mal nach vorausgehender Injektion eines solchen das vegetative Nervensystem beeinflussenden Pharmakons, können Unterschiede im Ablauf der Veränderungen der T-Zacke auf den Einfluß der vorausgehenden Injektion bezogen werden. Außerdem muß aus solchen Versuchen ersichtlich werden, inwieweit der Ablauf der T-Zacken-Veränderungen nach Arbeit vom Tonus des vegetativen Nervensystems abhängig ist.

Vergrößerung der T-Zacke nach Arbeit wurde schon von *Einthoven* festgestellt und seither vielfach bestätigt. Dabei ist meist die T-Zacke in einer der Extremitätenableitung, meist T_2, berücksichtigt worden, also eine Größe, die weitgehend vom Verlauf der elektrischen Momentanachse abhängt. Dies hat zweifellos zu teilweise etwas widersprechenden Resultaten geführt. Von größerer Bedeutung ist aber noch das Ausmaß der geleisteten

* Arbeit unter Leitung von PD. Dr. *H. Ludwig*.

Arbeit einerseits und der Zeitpunkt, in dem die Registrierung nach Abschluß der Arbeit vorgenommen wird. Es ist das Verdienst von *Schlomka, Reindell* u. *Malamani,* gezeigt zu haben, daß eine primäre Verkleinerung der T-Zacke nach Arbeit für gute funktionelle Anpassung (Typ A) spricht, während primäre Vergrößerung (Typ B) auf ein wenig trainiertes, bzw. leichter ermüdbares Herz schließen läßt. *Larsen, Holzmann, Laurentius* u. a. sind zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangt.

Während besonders hohe T-Zacken früher allgemein auf erhöhten Sympathicustonus bezogen wurden, weil die Erhöhung der T-Zacken im Anschluß an die Arbeit mit Frequenzsteigerung einhergeht, vertritt vor allem *Nordenfelt* auf Grund von Orthostase- und Amylnitritinhalationsversuchen die Ansicht, daß T-Zackenvergrößerung einem vermehrten Vagotonus zuzuschreiben sei. Im selben Sinne sprechen Versuche von *Ask-Upmark,* der T-Zackenvergrößerung nach Prostigmin-Injektion sah und von *Leitner u. Steinlin,* die sowohl nach Bellafolin wie nach Sympatol eine Abflachung von T feststellten.

Hierzu ist allerdings zu sagen, daß alle diese Versuche insofern nicht ganz beweisend erscheinen, als sowohl größere Dosen vegetativer Pharmaka, wie orthostatische Reaktionen und Amylnitrineinatmung ausgesprochene Kreislaufumstellungen und damit unübersehbare Einflüsse auf den Tonus des vegetativen Nervensystems zur Folge haben. Kleine Dosen vegetativer Pharmaka haben bei der von *Ludwig* angewendeten fraktionierten intravenösen Darreichung nur ausnahmsweise geringen Einfluß auf die Höhe der T-Zacken ausgeübt.

Im Sinne eines auf die T-Zacke abflachend wirkenden Einflusses des Sympathicus spricht auch die Beobachtung von *Nordenfelt,* daß flache T-Zacken, besonders bei vegetativ labilen Menschen, im Anschluß an eine Gynergeninjektion öfters eine Vergrößerung erfahren. Erwähnt sei schließlich noch die Beobachtung von *Heier,* der im Anschluß an Atropin-Injektion nach Arbeit bei alten Leuten Abflachung von T feststellte.

Versuchsanordnung.

Um möglichst gleichmäßige Voraussetzungen zu schaffen, wurden 10 sportlich trainierte Studenten (Leichtathleten) im Alter von 19—26 Jahren als Versuchspersonen verwendet, die alle vorher klinisch untersucht worden waren, ohne daß pathologische Veränderungen am Kreislaufsystem festgestellt werden konnten.

Nach körperlicher Arbeit erholen sich trainierte Personen schneller als untrainierte. Diese kürzere Erholungszeit hat zur Folge, daß die Veränderungen von Puls und T-Zacke im Arbeits-Ekg. rascher zur Norm zurückkehren. Da aber, wie *Larsen* gezeigt hat, eine sichere Erhöhung der T-Zacke im Arbeitsversuch bei Sportsleuten erst nach «schwerer» Arbeit auftritt, wurden zunächst Versuche mit entsprechender Belastung ausgeführt: Treppensteigen über 4 Stockwerke zweimal nacheinander (1. Versuchsreihe). Außerdem wurden mit 4 der Versuchspersonen Versuche mit leichter Arbeit, 30 Kniebeugen, ausgeführt (2. Versuchsreihe).

In der 1. Versuchsreihe wurden mit jeder Versuchsperson drei Arbeitsversuche ausgeführt. Zuerst ein Versuch ohne Injektion, als Basis und Kontrolle für die beiden anderen Versuche; dann ein Versuch mit i. m. Injektion von 60 mg Sympatol und 1 mg Atropin (S.A.) und ein Versuch mit i. m. Injektion von 1 mg Physostigmin und 0,5 mg Gynergen (P.G.). Da im Laufe des Tages zum Teil erhebliche Schwankungen im vegetativen Nervensystem und auch der T-Zacke auftreten *(Borgard, Vesa, Herrmann, Nordenfelt)*, wurden die drei Versuche einer Versuchsperson jeweils um die gleiche Tageszeit vorgenommen. Die Versuchspersonen erhielten die Weisung, sich einige Stunden vor den Aufnahmen möglichst ruhig zu verhalten. Vor den Versuchen mußten sie 15—30 Min. ruhig auf dem Aufnahmebett liegen, bis der Puls während 5—10 Min. konstant blieb. Man konnte dann annehmen, daß der Ruhepuls erreicht war. Hierauf begann jeder Versuch mit der Aufnahme eines Ruhe-Ekg. Beim Kontrollversuch folgte nun als Arbeitsleistung das Treppensteigen. Bei den anderen Versuchen wurde nach der Ruheaufnahme injiziert. 5 Min. und 10 Min. nach den Injektionen wurde wieder ein Ekg. aufgenommen. Anschließend an die letzte Aufnahme mußten die Versuchspersonen in möglichst raschem Tempo zweimal nacheinander die Treppe hinauf laufen über 4 Stockwerke. Alle wurden gebeten, sich stark anzustrengen. Die Dauer dieser Arbeitsleistung betrug 3—4 Min. Weitere Ekg. wurden 1 Min. sowie 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 und 50 Min. nach Rückkehr ins Untersuchungszimmer aufgenommen. Während dieser Zeit lagen die Versuchspersonen ruhig auf dem Aufnahmebett. Alle gaben bis spätestens 30 Min. nach der Arbeitsleistung an, daß sie sich vollständig von der Anstrengung erholt hätten, doch hatte die Pulsfrequenz in diesem Moment den Ausgangswert meist noch nicht wieder erreicht.

Die 2. Versuchsreihe (leichte Belastung) wurde ähnlich durchgeführt. Wiederum wurde ein Leerversuch (Kontr.) vorausgeschickt. Die aus 30 rasch sich folgenden Kniebeugen bestehende Belastung bedeutet für die sportlich trainierten Versuchspersonen nur eine leichte Belastung. Dieselbe Belastung wurde anschließend je 3 Min. nach 0,3 mg Bellafolin (Sandoz) i. v., bzw. nach 0,25 mg Dihydroergotamin-Sandoz (DHE 45) [1] bei ebenfalls i. v. Verabreichung ausgeführt. Nach den 30 Kniebeugen wurden Ekg. aufgenommen wie bei den Versuchen mit schwerer Belastung, allerdings nur bis 30 Min. nach der Belastung, da die Versuchspersonen sich rascher erholten.

Diese letzten Versuche sollten einerseits die Reaktion auf bloße Dämp-

---

[1] Diese beiden Präparate wurden von der Firma Sandoz in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

fung des einen Teils des vegetativen Nervensystems aufzeigen, ohne gleichzeitige Reizung des anderen Teils, da in den vorausgehenden Versuchen möglicherweise auch Gegenregulationsvorgänge mitspielen, was zu den nicht völlig eindeutigen Resultaten geführt haben könnte. Jedenfalls sah *Ludwig* schon nach 6 mg Sympatol (1/10 Ampulle) i. v. gelegentlich Frequenzsenkung. Andererseits sollte der bei geringer körperlicher Belastung an sich schon gegenüber schwerer Belastung verschiedene Verlauf der T-Zacken-Veränderungen ebenfalls zu den Versuchen herangezogen werden.

Zur Aufnahme der Elektrokardiogramme wurde ein Apparat der Firma Siemens, Systems *Elmquist* verwendet. Dieser Apparat registriert synchron vier Ableitungen, so daß es möglich ist, die in allen drei Extremitätenableitungen ausgemessenen Ausschläge einer Herzaktion unter sich zu vergleichen. Die Berechnung der elektrischen Momentanachsen, die nur bei gleichzeitiger Registrierung aller Ableitungen, wie es bei dem verwendeten Apparat möglich ist, erlaubt, Veränderungen der T-Zacke, welche nur auf Verlagerung der elektrischen Herzachse beruhen, auszuschließen.

Ausmessung der Ekg.: Von jeder Aufnahme wurden vier Herzschläge in allen Ableitungen ausgemessen und der Mittelwert verwendet. Die Höhe der einzelnen Zacken wurde von der TQ-Strecke aus gemessen und auf mV umgerechnet, da die Eichzacke von 1 mV nicht immer genau gleich groß wiedergegeben wurde. Da bei hoher Frequenz T- und P-Zacken verschmelzen und damit die als Grundlinie angesehene TP-Strecke verschwindet, wurde in diesen Fällen von einer Verbindungslinie zwischen den beiden PQ-Strecken aus gemessen.

Ausgemessen wurde jeweils T 1, 2, 3 und 4 (wobei letzteres nicht verwendet wurde, da die Größe zu stark schwankte), die RR-Distanz, sowie zur Berechnung der Momentanachse von R die Höhe von R 1 und R 2. Die so erhaltenen Zahlen wurden in Tabellenform zusammengestellt und auch kurvenmäßig wiedergegeben, was je eine Kurve für die Pulsfrequenz, T 1, 2 und 3 jedes Versuchs ergibt, somit 40 Kurven resp. Tabellen in der ersten und 16 Kurven und Tabellen in der zweiten Versuchsreihe. Da diese tabellarischen und graphischen Versuchsprotokolle nicht im einzelnen wiedergegeben werden können, treten an ihre Stelle zusammenfassende Darstellungen.

Da die Bewertung der Höhe der T-Zacken, sofern eine Verschiebung des Winkels der elektrischen Herzachse (sog. Momentanachse) auftritt, nur unter Berücksichtigung der durch die Winkelverschiebung bedingten Größenänderung der Projektion geschehen darf, und da solche Verlagerungen der Achse nach Arbeit regelmäßig zu beobachten sind, wurde der sog. absolute

Wert der T- und R-Zacken errechnet und für die Bewertung herangezogen. Es handelt sich dabei, sofern man vom gleichseitigen Dreieck ausgeht, um die Größe jener Strecke, deren Normalprojektion in den verschiedenen Ableitungen registriert wird.

Zur Berechnung des Wertes von R_{abs} und T_{abs} wurde zunächst der Winkel berechnet, den die elektrische Herzachse im Moment der betreffenden Zacke (R- resp. T-Momentanachse) mit der Horizontalen bildet. Es wurden folgende Formeln benutzt:

$$\operatorname{Tg}\alpha = \frac{2\,e_2 - e_1}{e_1\sqrt{3}} = \frac{2\,e_3 + e_1}{e_2\sqrt{3}} = \frac{e_2 + e_3}{(e_2 - e_3)\sqrt{3}}$$

$$E = \frac{e_1}{\cos.\,\alpha} = \frac{e_2}{\cos.\,\alpha - 60} = \frac{e_3}{\cos.\,120 - \alpha}$$

Dabei bedeuten e_1, e_2 und e_3 die in mV ausgedrückte Zackenhöhe in der entsprechenden Ableitung, E den «absoluten Wert» für diese Zacke. Dieser absolute Wert kann auch konstruktiv mit Hilfe des gleichseitigen Dreiecks als Verbindung der Schnittpunkte der auf die Endpunkte von zwei Projektionen errichteten Senkrechten erhalten werden.

Für die Berechnung der Durchschnittswerte dieser absoluten Zahlen ist zu beachten, daß immer der Mittelwert aus den Einzelwerten für R_{abs} resp. T_{abs} eingesetzt wurde. Die Berechnung des Durchschnittswertes nach den oben angegebenen Formeln aus den Mittelwerten für die einzelnen Projektionen (z. B. T_1 und T_2) führt zu abweichenden Werten.

Was die Genauigkeit der Ausmessung der T-Zacken anbelangt, liegt diese im Bereich von ½ mm. Bei den in Prozenten der absoluten Größe ausgedrückten Abweichungen der Höhe von R_{abs} und T_{abs} gegenüber dem Ruhewert sind bei einer Größe für T zwischen 0,2 und 0,6 mV nur Abweichungen im Größenbereich von 10% zu werten.

Wegen der nicht immer genau übereinstimmenden Werte in den Ruheaufnahmen für die Zackenhöhe derselben Versuchsperson wurden die Abweichungen vom Ruhewert, um einen Vergleich zu ermöglichen, auch in Prozenten dieses Ruhewertes ausgedrückt und sowohl tabellarisch wie graphisch dargestellt.

Ergebnisse.

1. Versuchsreihe: Ersteigen von 8 Stockwerken, ohne vorhergehende Injektion, nach 60 mg Sympatol + 1 mg Atropin (S.A.-Reihe) und nach 1 mg Physostigmin + 0,5 mg Gynergen (P.G.-Reihe), beide Injektionen intramuskulär, durch 10 Sportsleute.

Tab. I: Pulsfrequenz im Kontrollversuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	63	63	62	62	47	79	71	58	73	57	55
Nach der *Belastung:*											
1 Min.	112	109	104	137	114	132	112	107	109	112	84
2 »	102	94	95	115	94	121	104	107	103	105	85
3 »	96	89	93	110	86	109	94	99	98	91	80
5 »	90	83	93	103	74	108	89	90	97	86	80
10 »	88	82	86	105	78	107	86	90	85	85	71
15 »	85	82	86	98	72	102	82	86	85	81	73
20 »	82	75	88	94	64	99	82	78	81	74	65
25 »	78	74	77	89	58	99	79	73	78	70	65
30 »	75	75	76	86	63	97	81	72	78	69	61
40 »	71	71	—	83	55	94	78	66	75	68	54
50 »	72	72	—	76	56	99	76	67	72	61	64

Tab. II: Pulsfrequenz im Sympatol-Atropin-Versuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	62	63	71	72	44	68	59	53	73	54	61
5′ nach Verabr.	59	72	60	67	44	65	56	52	72	53	49
10′ » »	57	63	65	69	49	57	54	48	64	52	51
Belastung:											
1′ nachher	91	104	125	104	108	100	72	73	67	85	76
2′ »	84	91	104	99	92	104	66	73	68	81	66
3′ »	84	86	99	106	54	102	75	88	81	88	64
5′ »	82	78	90	102	57	96	76	81	84	86	73
10′ »	81	79	96	104	67	101	66	76	75	85	68
15′ »	79	70	103	103	63	91	85	58	74	84	58
20′ »	76	67	96	101	67	91	70	54	71	81	66
25′ »	78	71	96	102	68	87	73	66	73	84	60
30′ »	78	69	102	102	69	95	72	56	76	77	63
40′ »	75	66	—	99	65	95	73	62	70	79	63
50′ »	76	68	—	106	76	94	70	61	74	77	60

Tab. III: Pulsfrequenz im Physostigmin-Gynergen-Versuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	62	64	76	63	47	83	63	56	67	52	53
5' nach Verabr.	60	63	73	60	45	69	63	53	65	51	53
10' » »	61	64	67	64	47	75	61	59	67	50	52
Belastung:											
1' nachher	99	116	107	89	115	120	78	78	102	100	86
2' »	88	98	96	85	85	108	78	80	102	85	67
3' »	84	90	99	91	57	105	75	84	90	74	71
5' »	84	87	85	99	74	104	76	79	87	75	69
10' »	83	82	88	96	75	103	80	76	81	76	69
15' »	78	76	81	91	64	97	74	71	82	75	66
20' »	73	73	72	83	61	91	73	59	79	76	63
25' »	73	77	75	82	64	92	76	62	75	70	61
30' »	72	67	86	79	68	88	72	62	71	67	61
40' »	68	65	—	72	55	91	71	55	71	73	55
50' »	64	66	—	73	48	86	70	56	66	58	50

Die *Pulsfrequenz* weist sogleich nach der Belastung regelmäßig starken Anstieg auf und zwar im Kontrollversuch im Durchschnitt aller 10 Versuche um 49 Schläge pro Minute, d. h. um 78% der Ausgangsfrequenz. Auffallenderweise ist dieser Anstieg sowohl in der S.A.-Reihe wie in der P.G.-Reihe deutlich geringer (Tabellen I, II, III, VII, VIII, IX). Die Rückkehr zum Ruhewert setzt sofort ein, geht aber nach so intensiver Belastung auch bei den als Versuchspersonen verwendeten, gut trainierten Leichtathleten nur langsam vor sich. Die Frequenz beträgt im Mittel der Kontrollversuche 30 Minuten nach der Belastung noch immer 75, d. h. + 19%, und nach 50 Minuten macht die Zunahme gegenüber dem Ruhewert von 63 immer noch 14% aus.

Diese Rückbildung der Frequenzsteigerung verläuft in der S.A.-Reihe nach Ablauf der ersten Viertelstunde deutlich langsamer als in der Kontrollreihe und in der P.G.-Reihe, so daß der Unterschied 30 Minuten nach der Belastung mit + 26% gegenüber + 19% im Kontrollversuch und + 16% in der P.G.-Reihe deutlich ist. 50 Minuten nach der Belastung ist die Differenz noch deutlicher, indem die Frequenzsteigerung in der S.A.-Reihe noch + 23% beträgt, in der P.G.-Reihe noch + 3% und in der Kontrollreihe + 14%. Erst in diesem Zeitpunkt ist das erwartete gegensätzliche Verhalten der S.A.- gegenüber der P.G.-Reihe im Vergleich zum Mittelwert der Kontrollversuche nachweisbar.

Tab. IV: T_{abs} im Kontrollversuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	0,41	0,38	0,34	0,34	0,60	0,47	0,23	0,51	0,44	0,21	0,58
Belastung:											
1′ nachher	0,46	0,50	0,55	0,54	0,49	0,37	0,15	0,66	0,64	0,27	0,47
2′ »	0,49	0,57	0,48	0,67	0,70	0,53	0,16	0,53	0,46	0,27	0,47
3′ »	0,44	0,44	0,41	0,62	0,56	0,49	0,16	0,53	0,45	0,25	0,45
5′ »	0,34	0,38	0,33	0,44	0,48	0,36	0,19	0,30	0,35	0,20	0,39
10′ »	0,31	0,37	0,25	0,25	0,37	0,23	0,26	0,36	0,42	0,15	0,41
15′ »	0,32	0,31	0,25	0,24	0,48	0,29	0,26	0,35	0,41	0,17	0,43
20′ »	0,37	0,39	0,25	0,25	0,45	0,36	0,32	0,40	0,49	0,25	0,50
25′ »	0,38	0,36	0,28	0,31	0,49	0,45	0,26	0,41	0,49	0,26	0,48
30′ »	0,38	0,37	0,31	0,32	0,53	0,39	0,23	0,42	0,46	0,32	0,45
40′ »	0,40	0,37	—	0,30	0,54	0,37	0,28	0,42	0,48	0,37	0,49
50′ »	0,37	0,34	—	0,29	0,46	0,39	0,22	0,41	0,49	0,27	0,45

Tab. V: T_{abs} im Sympatol-Atropin-Versuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	0,46	0,40	0,40	0,33	0,67	0,51	0,32	0,41	0,56	0,37	0,61
Belastung:											
1′ nachher	0,63	0,69	0,46	1,03	0,66	0,53	0,22	0,78	0,93	0,38	0,58
2′ »	0,54	0,63	0,33	0,70	0,62	0,54	0,20	0,77	0,67	0,39	0,59
3′ »	0,50	0,53	0,34	0,76	0,64	0,58	0,15	0,61	0,58	0,26	0,50
5′ »	0,34	0,41	0,31	0,38	0,48	0,34	0,19	0,38	0,51	0,15	0,47
10′ »	0,33	0,35	0,30	0,19	0,40	0,26	0,24	0,33	0,58	0,16	0,44
15′ »	0,33	0,39	0,25	0,19	0,48	0,43	0,27	0,50	0,57	0,20	0,45
20′ »	0,38	0,39	0,26	0,19	0,48	0,45	0,27	0,48	0,58	0,21	0,51
25′ »	0,40	0,39	0,29	0,23	0,46	0,45	0,24	0,48	0,60	0,24	0,50
30′ »	0,42	0,38	0,31	0,24	0,49	0,69	0,26	0,51	0,58	0,26	0,45
40′ »	0,40	0,34	—	0,28	0,50	0,51	0,24	0,45	0,59	0,28	0,48
50′ »	0,40	0,36	—	0,24	0,44	0,51	0,26	0,44	0,61	0,25	0,55

Die Bewertung der *Höhe der T-Zacken* (Tab. IV, V, VI) ergibt an Hand von T_{abs} (Tab. IV, V, VI) in allen drei Versuchsreihen eine Vergrößerung unmittelbar nach der Belastung. Diese Vergrößerung ist sowohl in der S.A.- wie in der P.G.-Reihe viel ausgesprochener als im Kontrollversuch. Es entspricht dies dem stärkeren Frequenzanstieg in diesen beiden Versuchsreihen. 5 Minuten nach der Belastung ist in allen drei Versuchsreihen eine Abflachung gegenüber dem Ausgangswert festzustellen. Dabei ist diese Abflachung in der S.A.-Reihe stärker und in der P.G.-Reihe geringer als im Kontrollversuch (s. Abb. 1). Während

Tab. VI: T_{abs} im Physostigmin-Gynergen-Versuch.

	Mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruhe:	0,40	0,38	0,29	0,43	0,53	0,46	0,21	0,43	0,68	0,15	0,47
Belastung:											
1′ »	0,57	0,60	0,57	0,69	0,59	0,64	0,16	0,79	0,88	0,29	0,50
2′ »	0,47	0,49	0,41	0,76	0,69	0,53	0,17	0,87	0,83	0,29	0,47
3′ »	0,50	0,49	0,46	0,63	0,63	0,49	0,16	0,68	0,67	0,31	0,50
5′ »	0,37	0,40	0,32	0,35	0,51	0,33	0,20	0,41	0,56	0,24	0,41
10′ »	0,38	0,41	0,31	0,34	0,49	0,27	0,31	0,43	0,62	0,19	0,43
15′ »	0,40	0,40	0,36	0,32	0,58	0,37	0,28	0,50	0,56	0,22	0,39
20′ »	0,42	0,42	0,36	0,38	0,53	0,43	0,30	0,52	0,61	0,23	0,42
25′ »	0,43	0,40	0,41	0,39	0,52	0,45	0,29	0,48	0,64	0,25	0,42
30′ »	0,45	0,44	0,40	0,44	0,55	0,48	0,29	0,46	0,63	0,28	0,43
40′ »	0,46	0,46	—	0,40	0,54	0,49	0,29	0,48	0,70	0,34	0,48
50′ »	0,46	0,48	—	0,41	0,56	0,50	0,27	0,44	0,68	0,34	0,45

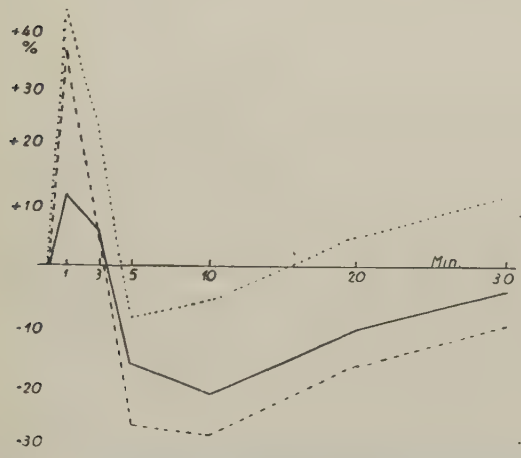

Abb. 1. Prozentuale Abweichung von T_{abs} vom Ruhewert nach schwerer Belastung (Ersteigen von vier Stockwerken).

——— Ohne vorausgehende Injektion.
- - - - - Nach Sympatol-Atropin.
..... Nach Physostigmin-Gynergen.

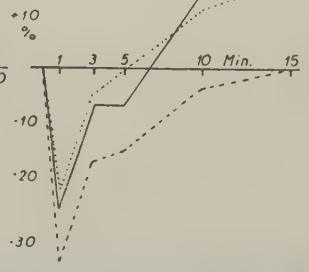

Abb. 2. Prozentuale Abweichung von T_{abs} vom Ruhewert nach leichter Belastung (30 Kniebeugen).

——— Ohne vorausgehende Injektion.
- - - - - Nach Bellafolin.
..... Nach Dihydroergotamin.

im Kontrollversuch der Ausgangswert nach 30 Minuten noch nicht wieder erreicht ist, und die Abflachung in der S.A.-Reihe noch etwas stärker ist, erreicht die Höhe von T_{abs} in der P.G.-Reihe schon zwischen der 10. und 20. Minute wieder den Ausgangswert und ist nach 30 Minuten deutlich größer als diese.

Tab. VII: Abweichung der Mittelwerte für die Frequenz und die Größe von T_{abs} nach schwerer Belastung.

Pulsfrequenz

	Ruhe	Minuten nach der Belastung 1	2	3	5	10	15	20	25	30	40	50
Kontrolle	63	+ 49	+ 39	+ 33	+ 27	+ 25	+ 23	+ 19	+ 15	+ 12	+ 8	+ 9
nach Sympatol-Atropin	62	+ 29	+ 22	+ 22	+ 20	+ 19	+ 18	+ 14	+ 16	+ 16	+ 13	+ 14
nach Physostigmin-Gynergen	62	+ 37	+ 26	+ 22	+ 22	+ 21	+ 16	+ 11	+ 11	+ 10	+ 6	+ 2

T_{abs}

Kontrolle	0,41	+0,05	+0,08	+0,03	−0,07	−0,10	−0,09	−0,04	−0,03	−0,03	−0,01	−0,04
nach Sympatol-Atropin	0,46	+0,17	+0,08	+0,04	−0,12	−0,13	−0,13	−0,08	−0,06	−0,04	−0,06	−0,06
nach Physostigmin-Gynergen	0,40	+0,17	+0,07	+0,10	−0,03	−0,02	±0,00	+0,02	+0,03	+0,05	+0,06	+0,06

Tab. VIII: Absolute Größe der R- und T-Zacken und Verlauf ihrer Momentan-Achsen vor und nach körperlicher Belastung.

	Kontroll-Versuche			Sympatol-Atropin-Versuche			Physostigmin-Gynergen-Versuche		
	Frequenz	R_{abs}	T_{abs}	Frequenz	R_{abs}	T_{abs}	Frequenz	R_{abs}	T_{abs}
Ruhe	63	1,38	0,41	62	1,40	0,46	62	1,43	0,40
1′ nach Belastung	112	1,34	0,46	84	1,40	0,63	88	1,46	0,57
10′ nach Belastung	88	1,39	0,32	81	1,38	0,33	83	1,48	0,38
30′ nach Belastung	75	1,39	0,38	78	1,43	0,42	72	1,43	0,45

Tab. IX: Prozentuale Abweichung der Frequenz und der Größe von T_{abs} nach Belastung ohne oder mit vorausgehender Injektion.

Nach Belastung:	Frequenz			T_{abs}		
	1 Min.	10 Min.	30 Min.	1 Min.	10 Min.	30 Min.
Kontrollversuche:	+ 78	+ 40	+ 19	+ 12	— 22	— 7
Sympatol-Atropin-Versuche:	+ 47	+ 31	+ 26	+ 37	— 28	— 9
Physostigmin-Gynergen-Versuche:	+ 60	+ 34	+ 16	+ 43	— 5	+ 12

Die Werte von R_{abs} weisen im Gegensatz zu denen von T_{abs} nur sehr geringfügige Größenänderungen auf. Diese bewegen sich im Bereich von 3% vom Ruhewert.

2. Versuchsreihe: 30 tiefe Kniebeugen, ohne vorausgehende Injektion, nach i. v. Injektion von 0,3 mg Bellafolin und nach

i. v. Injektion von 0,25 mg Dihydroergotamin durch 4 Leichtathleten der ersten Versuchsreihe.

Tab. X: Pulsfrequenz der 2. Versuchsreihe (30 Kniebeugen).

	Kontrolle					nach Bellafolin					nach Dihydroergotamin				
	Mittel	1	2	3	4	Mittel	1	2	3	4	Mittel	1	2	3	4
Ruhe:	55	53	68	47	53	60	54	81	51	55	58	57	69	56	50
Belastung:															
1′ nachher	74	81	91	54	68	81	82	106	54	81	74	82	91	58	63
2′ »	63	62	83	48	57	69	63	93	50	69	57	58	72	53	43
3′ »	58	55	72	48	57	63	56	89	50	66	56	52	74	53	44
5′ »	60	56	79	46	58	65	55	86	55	65	54	51	64	53	49
10′ »	58	56	72	48	56	66	54	87	56	66	54	51	65	53	46
15′ »	57	57	67	50	52	65	57	87	55	65	55	54	64	54	46
20′ »	56	57	71	48	47	65	57	85	54	66	—	58	65	—	47
25′ »	57	59	73	47	48	65	59	83	51	67	—	51	65	—	44
30′ »	58	55	74	48	56	67	61	86	53	67	—	54	68	—	46

Trotz einzelner Unterschiede im Verlauf der Pulskurven und der Höhe der T-Zacken im Ekg. der einzelnen Versuche läßt sich einiges in allen vier Versuchen nachweisen, nämlich:

a) Nach der in allen drei Versuchsreihen annähernd gleich ausgesprochenen Frequenzsteigerung (Tab. X und XII und Abb. 2) geht die *Frequenzabnahme* unter Wirkung des Dihydroergotamins stark beschleunigt vor sich, so daß nach 5 Minuten die Frequenz im Vergleich zum Ruhewert im Kontrollversuch + 9%, in der Bellafolinreihe + 8% und in der Dihydroergotaminreihe — 7% beträgt. Während dann in der Kontrollreihe eine weitere Rückkehr gegen den Ausgangswert zu beobachten ist, der mit der 15. Minute annähernd erreicht ist, bleibt die Erhöhung der Pulsfrequenz im Betrage von ca. 9% in der Bellafolinreihe noch länger bestehen.

b) Die Größe von T_{abs} nimmt bei allen vier Versuchspersonen sofort nach der Belastung ab. Während die Höhe in der Kontrollreihe und in der Dihydroergotaminreihe zwischen der 5. und 10. Minute wieder den Ausgangswert erreicht, um anschließend deutlich über diesen hinauszugehen, wird in der Bellafolinreihe der Ausgangswert von T_{abs} erst in der 15. Minute erreicht.

Bei der *statistischen Prüfung* des erhaltenen Zahlenmaterials ergibt sich, daß ein größerer Teil der berechneten Unterschiede im statistischen Sinn nicht als signifikant bezeichnet werden kön-

Tab. XI: T_{abs} der 2. Versuchsreihe.

	Kontrolle					nach Bellafolin					nach Dihydroergotamin				
	Mittel	1	2	3	4	Mittel	1	2	3	4	Mittel	1	2	3	4
Ruhe:	0,43	0,43	0,27	0,42	0,58	0,42	0,37	0,23	0,47	0,59	0,48	0,33	0,22	0,44	0,91
Belastung:															
1′ nachher	0,33	0,32	0,19	0,25	0,54	0,29	0,25	0,15	0,33	0,44	0,38	0,23	0,23	0,42	0,65
2′ »	0,39	0,36	0,20	0,38	0,62	0,32	0,24	0,18	0,36	0,51	0,41	0,28	0,22	0,38	0,74
3′ »	0,41	0,36	0,25	0,38	0,64	0,36	0,32	0,21	0,36	0,55	0,46	0,33	0,25	0,38	0,87
5′ »	0,41	0,38	0,26	0,39	0,62	0,37	0,33	0,21	0,38	0,54	0,47	0,38	0,26	0,41	0,83
10′ »	0,48	0,42	0,29	0,44	0,78	0,41	0,39	0,22	0,41	0,61	0,53	0,38	0,26	0,43	1,06
15′ »	0,48	0,41	0,27	0,46	0,79	0,42	0,39	0,23	0,44	0,61	0,54	0,40	0,28	0,42	1,06
20′ »	0,49	0,40	0,30	0,44	0,80	0,43	0,41	0,22	0,46	0,62	0,59	0,40	0,29	—	1,09
25′ »	0,47	0,40	0,29	0,43	0,76	0,43	0,40	0,22	0,45	0,65	0,58	0,40	0,30	—	1,03
30′ »	0,46	0,40	0,25	0,42	0,76	0,41	0,40	0,21	0,43	0,60	0,56	0,41	0,30	—	0,98

Tab. XIII. Statistische Prüfung der Differenzen.

T_{abs}	Zeitpunkt in Min. n. Belastung	Versuchs-Reihe	Vergleich zwischen	Mittelwert der Differenz	σ	m	Zufalls-bereich
Abweichung vom							
Ruhewert	1′	I und II	Kontr. R. I./Kontr. R. II	— 22	18,6	9,3	62
»	1′	I	PG /Kontr.	+ 11	8,6	2,7	11
»	1′	I	SA /Kontr.	+ 17	12,7	4,0	16
»	10′	I	PG /SA	+ 14	9,8	3,1	13
»	30′	I	PG /SA	+ 6	13,3	4,2	17
»	1′	II	Kontr./Bellafolin	— 2	6,1	3,0	20
»	10′	II	Kontr./Bellafolin	— 6	8,9	4,5	30
Frequenz	1′	I	Kontr./SA	— 20	20,0	6,5	26
»	1′	I	Kontr./PG	— 13	19,6	6,2	26
»	30′	I	SA/PG	+ 13	11,5	3,7	16
»	—	I	Ruhe/1′ n. Belastung	+ 49	13,8	4,4	18

Tab. XII: Prozentuale Abweichung vom Ruhewert für Frequenz und T_{abs} in der 2. Versuchsreihe.

	Kontrolle				nach Bellafolin				nach Dihydroergotamin			
	Frequenz		T_{abs}		Frequenz		T_{abs}		Frequenz		T_{abs}	
		%		%		%		%		%		%
Ruhe:	55		0,43		60		0,42		58		0,48	
nach Belastung:												
1′ nachher	73	+ 33	0,33	— 23	81	+ 35	0,29	— 31	74	+ 28	0,38	— 21
3′ »	58	+ 5	0,41	— 5	63	+ 5	0,36	— 14	56	— 3	0,46	— 4
5′ »	60	+ 9	0,41	— 5	65	+ 8	0,37	— 12	54	— 7	0,47	— 2
10′ »	58	+ 5	0,48	+ 12	66	+ 9	0,41	— 2	54	— 7	0,53	+ 10
15′ »	56	+ 2	0,48	+ 12	66	+ 9	0,42	± 0	55	— 5	0,54	+ 13

nen. Es liegt dies einerseits an der kleinen Zahl der Untersuchungen und andererseits an der recht großen Streuung der einzelnen Differenzen. (Bei 10 Untersuchungen ist der mittlere Fehler nicht mit 3, sondern mit 4,09 und bei 4 Untersuchungen mit 6,62 zu multiplizieren, um den Zufallsbereich zu erhalten!)

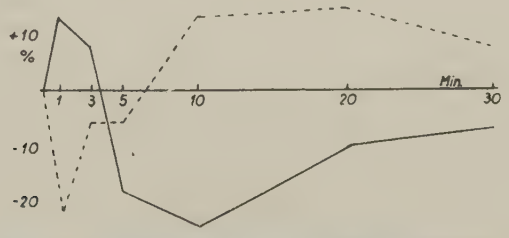

Abb. 3. Prozentuale Abweichung von T_{abs} vom Ruhewert nach schwerer (———) und nach leichter Belastung (- - - -).

Besonders überraschend erscheint, daß selbst das gegensinnige Verhalten der T-Zackenhöhe unmittelbar nach leichter und schwerer Belastung, wie es in Abb. 3 dargestellt ist, nicht als gesichert betrachtet werden kann. Die Berechnung kann auf zwei Arten durchgeführt werden, einmal mittelst Vergleich der Differenzen gegenüber dem Ruhewert bei jenen 4 Sportsleuten, an denen beide Versuche durchgeführt wurden. Es ist dies die theoretisch beste Prüfung; doch haben wir dabei nur 4 Versuchspersonen zur Verfügung. Das andere Vorgehen beruht darin, daß beide Versuchsreihen als Ganzes miteinander verglichen werden.

Wenn nur 4 Individuen miteinander verglichen werden, ergibt der Mittelwert nach schwerer Belastung einen noch stär-

keren Anstieg und einen etwas rascheren Abfall; das spiegelbildliche Verhalten gegenüber dem Verlauf der T-Zackenhöhe nach leichter Belastung ist dann noch deutlicher, als in Abbildung 1. Die statistische Auswertung ergibt:

No.		T_{abs} (Abw. v. Ruhewert)		Differenz	a	a^2
1.Vers.-Reihe	2.Vers.-Reihe	1.Vers.-Reihe	2.Vers.-Reihe			
1	1	+ 12	— 11	— 23	1	1
2	2	+ 21	— 8	— 29	7	49
7	3	+ 17	— 17	— 34	12	144
10	4	— 11	— 4	+ 7	29	840
				M = — 22		1034

a = Abweichung des Einzelwertes vom Mittelwert der Differenz.

$$\sigma = \sqrt{\frac{a^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1034}{3}} = 18{,}6$$

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 9{,}3$$

Zufallsbereich = 9,3 × 6,62 = 61,5.
(Die Multiplikationsfaktoren [hier 6,62] sind den «Graphischen Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen» von Koller entnommen.)

Der Zufallsbereich erscheint somit bei dieser Berechnung rund 3mal größer als der Mittelwert der Differenz.

Die Verwendung aller 14 Versuche der beiden Versuchsreihen ergibt einen Zufallsbereich, der mit 19,5 nur wenig größer ist als die Differenz der Mittelwerte mit 16. Im einzelnen führt diese Berechnung zu folgenden Zahlen:

$M_1 = 6$ $\quad$ $M_2 = -10$
$\sigma_1 = 14$ $\quad$ $\sigma_2 = 5{,}5$
$m_1 = 4{,}4$ $\quad$ $m_2 = 2{,}75$

Zufallsbereich = 3,76 × 5,2 = 19,5.

$$M_1 - M_2 = 16.$$

Für die Differenz nach 10 Minuten ergibt sich wiederum ein $M_1 - M_2 = 16$ bei einer Fehlerbreite von 21. Es ist also auch der entgegengesetzte Unterschied zwischen T-Höhe nach schwerer und leichter Belastung nicht als statistisch gesichert zu betrachten. Noch viel weniger gilt dies für den Unterschied nach 30

Minuten, für den sich die Mittelwert-Differenz zu 6 und der Zufallsbereich zu 19,6 berechnet.

Im weiteren ergab die Berechnung der Abweichung von T_{abs} vom Ruhewert nach schwerer Belastung (10 Versuche) signifikante Differenzen zwischen der Physostigmin-Gynergen-Reihe und der Kontrollreihe und zwischen der Sympatol-Atropin-Reihe und der Kontrollreihe eine Minute nach der Belastung, während die Frequenzunterschiede in diesem Zeitpunkt nicht signifikant erscheinen. Ebenfalls signifikant ist die Differenz vom Durchschnittswert für T_{abs} 10 Minuten nach der Belastung zwischen der Sympatol-Atropin-Reihe und der Physostigmin-Gynergen-Reihe, hingegen ergibt der Vergleich für diese beiden Reihen 30 Minuten nach der Belastung eine Mittelwertdifferenz, die kleiner ist als der Zufallsbereich. Für die Versuche bei leichter Belastung, wozu nur 4 Versuchspersonen herangezogen wurden, sind die in der graphischen Darstellung ausgesprochensten Differenzen für T_{abs} zwischen der Bellafolin-Reihe und der Kontrollreihe sowohl 1 wie 10 Minuten nach der Belastung nicht signifikant. — Als Vergleich wurde noch der Mittelwert der Differenz zwischen der Pulsfrequenz des Kontrollversuchs in Ruhe einerseits und eine Minute nach der Belastung andererseits berechnet. Es ergibt sich eine Mittelwertdifferenz von 49 bei einem Zufallsbereich von 18, die Mittelwertdifferenz ist also fast 3mal so groß wie der Zufallsbereich (s. Tab. XIII).

Besprechung der Ergebnisse.

1. Zunächst ist festzustellen, daß der Verlauf der Höhenänderung von T je nach der Intensität der körperlichen Belastung ein völlig verschiedener ist. Während unmittelbar nach schwerer Belastung (Ersteigen von 8 Stockwerken) zuerst eine Erhöhung von T festzustellen ist, der schon in der 5. Minute nach Abschluß der Belastung eine deutliche Abflachung folgt, die sich selbst 30 Minuten nach der Belastung nicht völlig zurückgebildet hat (Abb. 3), tritt nach leichter Belastung (30 Kniebeugen) zunächst Abflachung auf mit Rückkehr zum Ausgangswert zwischen der 5. und 10. Minute und anschließender deutlicher Erhöhung von T. Dieses geradezu entgegengesetzte Verhalten des Ablaufs der T-Zackenveränderungen je nach der Belastungsintensität ist schon früher festgestellt worden (bes. *Schlomka, Reindell* u. *Malamani, Holzmann* u. a.), jedoch meist an Hand der Werte für die Höhe

in einzelnen Ableitungen, ohne genaue Berücksichtigung des Einflusses einer Achsenverschiebung, was wohl zum Teil die manchmal widersprechenden Ergebnisse erklärt. Es gibt wohl keinen überzeugenderen Beweis für die Schwierigkeit der Bewertung der T-Zacken-Höhe im Belastungs-Ekg. als Abb. 3. Je nach dem Verhältnis zwischen der Intensität der Belastung und dem Trainingszustand ist der Ablauf ein ganz verschiedener: Primäre Erhöhung und sekundäre Abflachung bei relativ schwerer Belastung, primäre Abflachung und sekundäre Erhöhung bei relativ leichter Belastung. Bei der Uebertragung auf Herzkranke dürfen diese wohl nicht ohne weiteres schlecht trainierten Individuen gleichgesetzt werden. Auf alle Fälle bedarf es zum mindesten mehrerer Elektrokardiogramme nach körperlicher Belastung, um eine Bewertung zu ermöglichen, wobei zu beachten ist, daß zwischen der 2. und 10. Minute relativ rasche Aenderungen auftreten, so daß schon kleine zeitliche Differenzen in der Ekg.-Registrierung zu sehr verschiedenen Resultaten führen können. Wenn wir bedenken, daß der Ablauf der T-Zackenveränderung nach Belastung, wie aus diesen Untersuchungen hervorgeht, erst noch vom Tonus des vegetativen Nervensystems abhängig ist, werden wir bei der Bewertung der T-Zacken im Belastungs-Ekg. (im Gegensatz zu den Verlagerungen des Mittelstücks) außerordentlich vorsichtig vorgehen.

Die Veränderung der Höhe von *T* nach körperlicher Belastung ist nicht ohne weiteres zu deuten. Arbeitsleistung geht mit Adrenalin-Ausschüttung einher, so daß diese die Ursache der Veränderung darstellen könnte. Aber die primäre Abflachung nach leichter Belastung und die primäre Erhöhung nach schwerer Belastung können wohl nicht beide auf Adrenalin-Ausschüttung bezogen werden. Da die T-Aufrichtung in diesen Versuchen unter Bellafolin deutlich verzögert erscheint, ist wohl die Abflachung von T nach leichter Belastung auf überwiegenden Sympathicustonus zu beziehen. Die Erhöhung der T-Zacke nach schwerer Arbeit kann dann möglicherweise auf bereits eingetretenen Gegenregulationsvorgängen beruhen, da die Arbeitsdauer eine längere und die Adrenalin-Ausschüttung wohl auch stärker ist. Der weitere Ablauf der Kurve mit der sekundären Abflachung (Abb. 3) sieht allerdings nicht nach dem zweiten Teil einer Gegenregulationswirkung aus. Für unsere Fragestellung ist dies bedeutungslos, da es sich lediglich darum handelte, die Beeinflußbarkeit

der T-Zackenhöhe nach Belastung durch Mittel zu prüfen, die den Tonus des vegetativen Nervensystems verändern.

2. Die Aenderungen in der Höhe der R-Zacken sind im Vergleich zu denen der T-Zacken nach körperlicher Belastung sehr geringgradig und gehen kaum über 3% des Ruhewertes hinaus.

3. Die gleichzeitige Verabreichung von Sympatol und Atropin vor schwerer körperlicher Belastung hat zur Folge, daß die Pulsfrequenz etwas weniger stark ansteigt, die Rückkehr der Pulsfrequenz zum Ausgangswert gegenüber dem Kontrollversuch deutlich verzögert ist. Die Verabreichung von Bellafolin vor leichter körperlicher Belastung läßt die Frequenz ebenso stark ansteigen wie im Kontrollversuch; die Rückkehr zum Ausgangswert ist wiederum etwas verzögert. Diese Verzögerung der Rückkehr der Pulsfrequenz zum Ausgangswert darf wohl ohne weiteres auf die Dämpfung des Parasympathicustonus bezogen werden. Der geringere Anstieg der Pulsfrequenz nach schwerer Belastung und Sympatol-Atropin ist wohl auf Sympatolwirkung zu beziehen. Es ist möglich, daß ein günstiger Einfluß des Sympatols auf den peripheren Kreislauf mitspielt, so daß der Organismus mit einer geringern Frequenzerhöhung auskommt. Wahrscheinlicher erscheint ein primärer, den Vagotonus erhöhender Effekt des Sympatols, denn in Versuchen mit fraktionierter i. v. Verabreichung von Sympatol sah *Ludwig* selbst bei kleinen Dosen (6 mg) häufig Frequenzabnahme. Diese Parasympathicusreizung scheint innerhalb relativ kurzer Zeit abzuklingen, so daß dann in unseren Versuchen die vagushemmende Wirkung des Atropins zum Ausdruck gelangen konnte.

4. Nach Verabreichung von Physostigmin und Gynergen ist der primäre Frequenzanstieg nach schwerer körperlicher Belastung geringer als im Kontrollversuch. Weniger ausgesprochen, aber anscheinend gleichsinnig ist der Einfluß des Dihydroergotamins nach leichter Belastung. Es dürfte sich hierbei um eine Dämpfung des Sympathicustonus handeln, die noch viel deutlicher in der rascheren Rückkehr der Frequenz gegen den Ausgangswert in beiden Versuchsreihen zum Ausdruck kommen.

5. Die primäre T-Zackenvergrößerung nach schwerer Belastung ist sowohl nach Sympatol-Atropin-Verabreichung als nach Physostigmin-Gynergen eine viel stärkere. Es entspricht dies dem geringern Anstieg der Frequenz in beiden Versuchsreihen und muß wohl wie diese auf Erhöhung des Vagotonus (Physostigmin,

resp. Sympatol!) oder auf Herabsetzung des Sympathicustonus (Gynergen, Dihydroergotamin) bezogen werden.

Die primäre T-Zackenverkleinerung nach leichter körperlicher Belastung ist nach Bellafolin etwas stärker, was auf Dämpfung des Vagotonus beruhen muß. Nach Ergotamin- oder Dihydroergotaminverabreichung ist der Unterschied gegenüber dem Kontrollversuch gering. Auch im weiteren Verlauf entspricht die Ergotaminreihe dem Kontrollversuch, während sich die T-Zacke nach Bellafolin viel langsamer wieder aufrichtet.

Vermehrte T-Abflachung nach Arbeit ist einerseits unter Atropinwirkung von *Heier* und andererseits unter Adrenalinwirkung von *Vesa* beschrieben worden.

6. In bezug auf den Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die Höhe der T-Zacke erlauben die vorliegenden Versuche nur eine Deutung:

Erhöhung von T entspricht höherem Vagotonus, Abflachung stärkerem Sympathicotonus. Als Beweis dafür mag die stärkere Zunahme der T-Zackenhöhe nach schwerer Belastung bei vorausgehender Physostigmin-Gynergen-Injektion gelten, und die im weiteren Verlauf geringere Abflachung, ferner die stärkere Abflachung der T-Zacke und die langsamere Wiederaufrichtung nach leichter Belastung bei vorausgehender Bellafolininjektion. Diese Versuche sind somit als eine Bestätigung der vorne geschilderten Auffassung von *Nordenfelt* anzusprechen, wonach Erhöhung des Vagotonus zu einer Vergrößerung von T und Vergrößerung des Sympathicotonus zu einer Abflachung von T führt.

Zusammenfassung.

Bei der Registrierung von Ekg. nach körperlicher Belastung bei trainierten Sportsleuten findet sich nach schwerer Belastung zunächst Anstieg der T-Zackenhöhe, dann länger dauernde Abflachung, nach geringer Belastung umgekehrt zuerst Abflachung, dann länger dauernde Vergrößerung von T. Dieser Befund stellt eine Bestätigung von Ergebnissen anderer Autoren dar, doch wurde wohl erstmals die quantitative Auswertung an Hand des vom Achsenverlauf unabhängigen Wertes von T_{abs} durchgeführt. Die graphische Darstellung der Mittelwerte stellt einen überzeugenden Beweis für die Schwierigkeit der Beurteilung der T-Zackenhöhe im Belastungs-Ekg. dar (Abb. 3).

Der Einfluß von vorausgehender Verabreichung von Sympatol-Atropin, resp. Bellafolin einerseits, und von Physo-

stigmin-Gynergen, bzw. des Dihydroergotamin-Sandoz andererseits, läßt den Schluß zu, daß eine Erhöhung des Sympathicotonus die T-Abflachung verstärkt, bzw. die T-Erhöhung vermindert, und daß eine Vermehrung des Vagotonus umgekehrt eine T-Erhöhung verstärkt und eine T-Abflachung vermindert (Abb. 1).

Der Ablauf der T-Zackenveränderungen im Belastungs-Ekg. ist vom Tonus des vegetativen Nervensystems abhängig, wie dies aus Abb. 1 und 2 deutlich hervorgeht. Bei der im Vergleich zur ziemlich ausgesprochenen Streuung geringen Zahl von Versuchen kann nur ein Teil der erzielten Ergebnisse als statistisch gesichert betrachtet werden.

Summary.

The ecg. of trained athletes shows, after severe exercise, an initial increase in T, followed by a prolonged flattening, after moderate exercise an initial flattening of T, followed by a prolonged increase. This observation confirms the findings of other workers. Previous administration of sympatol-atropine, or physostigmine-gynergen, showed that increased sympathetic tone increases the flattening of T, or diminishes the increase of T, in the two series; augmented vagal tone augments the increase in T and diminishes the flattening of T.

Résumé.

Après un gros effort, l'électrocardiogramme des sportifs entraînés montre d'abord une exagération de l'amplitude de l'onde T, puis une diminution d'amplitude secondaire, plus prolongée. Après un effort léger, au contraire, la courbe montre d'abord une diminution initiale, puis une exagération secondaire plus prolongée. C'est en accord avec les observations d'autres auteurs, mais c'est la première fois que des mensurations précises sont faites en éliminant les modifications de l'onde T qui tiennent aux changements de l'orientation de l'axe du cœur. Le tableau qui résume ces variations d'amplitude de T montre avec évidence les difficultés de cette appréciation dans les courbes d'effort (fig. 3).

Des analyses avec administration préalable de sympatol-atropine (bellafoline), d'une part, et de physostigmine-gynergène, d'autre part, montre que l'élévation du tonus du sympathique exagère la diminution de l'amplitude de T, et qu'inversement une élévation du tonus du nerf vague, exagère l'élévation de l'onde T (fig. 1).

Il est clair (fig. 1 et 2) que le comportement de l'onde T dans les épreuves d'effort dépend du tonus du système nerveux végétatif. Pour formuler des conclusions valables, il faut faire une analyse d'un grand nombre d'épreuves.

Riassunto.

Nella registrazione di tracciati elettrocardiografici dopo esercizi fisici in sportivi allenati si riscontra, dopo grave sforzo, dapprima un aumento dell'ampiezza dell'onda T, in seguito un appiatimento di lunga durata; dopo sforzo leggero il reperto è giusto alla rovescia: dapprima appiattimento, in seguito aumento dell'ampiezza dell'onda T di lunga durata. Questo reperto non è che a conferma di quanto già stabilito anche da altri autori. Per la prima volta vengono però qui fatte delle misure quantitative. La rappresentazione grafica dei valori medi dimostra quanto sia difficile l'apprezzamento dell'altezza dell'onda T negli elettrocardiogrammi da sforzo (Fig. 3).

L'influsso della somministrazione antecedente di sympatol-atropina, rispettivamente di bellafolina da una parte, di fisostigmina-ginergen, rispettivamente di diidroergotamina-Sandoz dell'altra parte, dimostra che un aumento del tono del simpatico provoca un appiattimento più pronunciato dell'onda T, rispettivamente una diminuzione dell'aumento dell'ampiezza; un aumento del vagotono per contro ha per effetto di amplificare l'ampiezza dell'onda T e di diminuirne l'appiattimento (Fig. 1).

La conformazione delle variazioni delle onde T nell'elettrocardiogramma da sforzo è in relazione con il tono del sistema neuro-vegetativo (vedi Fig. 1 e 2). In considerazione del numero delle esperienze relativamente piccolo e data la forte dispersione, solo un piccolo numero dei risultati ottenuti può essere considerato statisticamente.

Literatur.

Ask-Upmark, Z. Kreisl.forschg. *33*, 41, 1941. — *Borgard*, Med. Klinik *29*, 1711, 1933. — *Einthoven*, Pflügers Arch. 122, *517*, 1908. — *Heier*, Z. Kreisl.-forschg. *27*, 185, 1935. — *Herrmann*, Arch. Kreisl.forschg. *3*, 209, 1938. — *Holzmann*, Helvet. med. Acta *8*, 239, 1941. — *Larsen*, zit. nach *Nordenfelt*. — *Laurentius*, Arch. Kreisl.forschg. *10*, 346, 1942. — *Leitner* und *Steinlin*, Arch. Kreisl.forschg. *13*, 62, 1943. — *Ludwig*, Helvet. med. Acta *12*, 291, 1945. — *Schlomka* und *Reindell*, Arb. physiol. *80*, 172, 705, 1935. — *Schlomka, Reindell* und *Malamani*, Z. klin. Med. *136*, 367, 1939. — *Vesa*, Act. Soc. medici Duodecim *26*, 11, 1939, zit. n. *Nordenfelt*.

Meinen besonderen Dank möchte ich Herrn Prof. *Staub* und Herrn PD. Dr. *H. Ludwig* aussprechen. Herr PD. Dr. *Ludwig* stellte mir das Thema, übernahm die Leitung der Versuche und war mir in liebenswürdiger Weise bei der Ausarbeitung behilflich.